Note de recherche forestière n° 132

Remise en production des landes à éricacées : résultats de quinze ans d'un essai sylvicole sur la Côte-Nord

Nelson THIFFAULT, ing. f., *Ph. D.*

F.D.C. 232.2
L.C. 361

Résumé

La conversion de peuplements forestiers productifs en landes à éricacées à la suite de feux ou de coupes, compromet la productivité forestière. Ces stations sont fréquemment caractérisées par un couvert dense de *Kalmia angustifolia* et de *Rhododendron groenlandicum* lequel provoque un blocage de la succession forestière. Nous présentons les résultats de quinze ans d'un essai sylvicole mis en place dans le nord-est du Québec pour étudier différentes options de remise en production de ces stations. L'expérience a été établie pour évaluer la performance de diverses espèces de conifères mises en terre avec ou sans scarifiage mécanique, ainsi que pour mesurer les effets d'une fertilisation au pied des arbres au moment de la plantation. En absence de scarifiage mécanique, le scarifiage localisé à l'aide d'un scarificateur *La Taupe*, une lame adaptée à une débroussailleuse, a été évalué comme alternative sylvicole. La hauteur à quinze ans de *Picea mariana*, *Pinus banksiana* et *Larix sibirica* varie significativement avec l'effet combiné du scarifiage localisé et de la fertilisation. Bien que les réactions varient d'une espèce à l'autre, les arbres les plus grands sont toujours situés dans les parcelles traitées avec le scarificateur *La Taupe* et fertilisées. Néanmoins, la croissance des plants de l'aire non scarifiée mécaniquement demeure négligeable d'un point de vue sylvicole et l'occurrence de la mortalité est élevée. Cet essai n'autorise pas les comparaisons formelles entre le secteur non scarifié et le secteur scarifié mécaniquement. Les résultats obtenus suggèrent toutefois que la préparation mécanique du sol est essentielle pour régénérer ces stations et promouvoir l'atteinte d'une productivité forestière significative.

Mots clés : plantation, épinette noire, pin gris, mélèze de Sibérie, sylviculture, éricacées, Côte-Nord

Abstract

Conversion of productive forests into ericaceous heath following wildfires or cutting activities poses a threat to the maintenance of forest productivity. These sites are frequently characterized by a dense Kalmia angustifolia–Rhododendron groenlandicum *cover, which induces forest succession stagnation. We report on the fifteenth-year results of a technical trial established in northeastern Québec, where silvicultural options were studied to successfully re-establish conifers on such sites. The trial was established to evaluate various conifer species performance when planted with or without mechanical scarification, and to measure growth and survival impacts of fertilizer amendment at time of planting. In the absence of mechanical scarification, local screefing with a modified brushsaw (*La Taupe *scarifier) was viewed as a potential alternative and tested. Fifteenth-year height of* Picea mariana, Pinus banksiana *and* Larix sibirica *significantly responded to the combined effects of screefing and fertilization. Responses to the various treatment combinations were species specific, but the screefed and fertilized plots always included the tallest trees. But, seedling growth in the non mechanically scarified area remained negligible from a silvicultural point of view and mortality was high. This trial did not allow formal comparisons between the unscarified and mechanically scarified sectors. However, the results obtained suggest that mechanical site preparation was needed to rejuvenate the planted areas and favour significant forest productivity on these sites.*

Key words : plantation, black spruce, jack pine, Siberian larch, silviculture, ericaceous shrubs, Côte-Nord

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca
site internet : www.mrnf.gouv.qc.ca

Québec

Introduction

Plusieurs espèces de la famille des éricacées (*Ericaceae* Juss.) sont reconnues pour leur propension à envahir rapidement les stations forestières boréales, à la suite de feux ou de coupes forestières (NILSSON et WARDLE 2005). Sur certaines stations, l'envahissement par les éricacées des parterres brûlés ou coupés provoque un blocage de la succession écologique (DAMMAN 1971), accompagné d'impacts notables sur la productivité forestière (DE MONTIGNY et WEETMAN 1990). Les principaux mécanismes d'interférences des éricacées contre la régénération conifèrienne naturelle ou artificielle sont la compétition directe et indirecte pour les éléments nutritifs (BRADLEY *et al.* 2000, YAMASAKI *et al.* 2002), l'allélopathie (MALLIK 1987) et l'accumulation d'un humus récalcitrant à la décomposition (DAMMAN 1971). Au Québec, ces phénomènes ont été observés en présence du *Kalmia* (*Kalmia angustifolia* L.), du thé du Labrador (*Rhododendron groenlandicum* [Oeder] Kron & Judd) et des bleuets (*Vaccinium* spp.) (LAVOIE *et al.* 2006b; THIFFAULT *et al.* 2004b, 2005; THIFFAULT et JOBIDON 2006).

Compte tenu de la nature des interférences associées aux éricacées, la fertilisation offre la possibilité d'atténuer certains de leurs effets à l'endroit des conifères (TAYLOR et TABBUSH 1990, BLEVINS et PRESCOTT 2002). Dans nos conditions, l'ajout d'engrais au pied des arbres lors de la mise en terre des plants compense en partie le déficit nutritionnel, ce qui se traduit par des croissances accrues pendant les premières années (THIFFAULT *et al.* 2004b, 2005; THIFFAULT et JOBIDON 2006). L'effet initial semble s'amenuiser au fil du temps (THIFFAULT *et al.* 2004a); des suivis à plus long terme sont nécessaires pour le vérifier.

Le bouleversement de l'humus forestier est reconnu comme une approche sylvicole prometteuse pour promouvoir l'établissement des plants mis en terre sur les stations à éricacées (RICHARDSON 1979). Des travaux récents démontrent en effet que le scarifiage mécanique permet la création de microsites de plantation exempts de *Kalmia* (THIFFAULT *et al.* 2005) et la réduction de l'effet isolant de l'humus sur la zone d'enracinement des arbres plantés (THIFFAULT et JOBIDON 2006). Sur une période de dix années, le scarifiage mécanique permet une meilleure expression de l'indice de qualité de station (THIFFAULT *et al.* 2004a). Pour être efficace, il semble toutefois que le traitement doive être d'une intensité suffisante (DE MONTIGNY et WEETMAN 1990, THIFFAULT *et al.* 2004a).

Quinze saisons de croissance après l'établissement d'un essai sylvicole dans la région de Baie-Comeau (voir VEILLEUX et LEVESQUE 1995 pour une description du projet initial), nous avons mesuré la taille des plants de trois espèces de conifères mis en terre dans une aire scarifiée mécaniquement ou non scarifiée. Notre objectif était d'évaluer les effets, sur les dimensions et la survie, d'une fertilisation au pied des arbres au moment de leur mise en terre, et ce, indépendamment pour chacun des secteurs (scarifié ou non). Dans le secteur non scarifié, nous désirions également mesurer l'effet d'un bouleversement localisé de l'humus à l'aide d'un scarificateur *La Taupe* (scarifiage manuel) sur la survie et les dimensions atteintes après quinze saisons de croissance.

Matériel et méthodes

Description de la région d'étude

Cet essai a été effectué dans la région écologique 5g-T (Côte de Baie-Comeau – Sept-Îles) du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc (SAUCIER *et al.* 1998). La température annuelle moyenne est de 0 °C et les précipitations annuelles varient de 900 à 1200 mm (dont 35 % sous forme de neige). La topographie régionale est accidentée; elle est caractérisée par des affleurements rocheux et des tills indifférenciés minces (ROBITAILLE et SAUCIER 1998). Avant leur récolte (entre 1978 et 1984), les deux aires d'étude supportaient des peuplements d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] BSP) de plus de 120 ans, d'origine de feu. Les sols sont des podzols humo-ferriques (SOIL CLASSIFICATION WORKING GROUP 1998) recouverts d'un humus de type mor de 31 cm d'épaisseur. Au moment de la mise en place de l'essai sylvicole (1989), les aires choisies étaient classées comme mal régénérées (VEILLEUX et LEVESQUE 1995) et étaient envahies par un couvert dense et uniforme de *Kalmia* et de thé du Labrador. Au printemps 2004, un relevé sommaire de la végétation (40 parcelles circulaires de 2 m^2, réparties uniformément dans les deux aires) indiquait que les plantes éricacées présentaient un pourcentage de recouvrement variant de 85 à 95 % et une hauteur moyenne de 55 cm. Les deux secteurs ne constituent pas des répétitions des mêmes traitements. Par souci du respect des postulats de base de l'analyse de la variance, nous avons donc considéré les deux aires comme des expériences distinctes.

Expérience A

La première aire (latitude 49° 20' 53" N., longitude 68° 47' 46" O., superficie approximative de 1,5 ha) n'a subi aucune préparation mécanique du terrain. Des plants d'épinette noire, de pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) et de mélèze de Sibérie (*Larix sibirica* Ledeb), produits dans des récipients de 67 cavités de 50 cm^3 chacune, ont été mis en terre au printemps 1989. Trois autres espèces ont été plantées mais ce suivi ne concerne que les trois précitées. Des groupes de 40 plants de chaque espèce ont été plantés en alternance le long de lignes d'environ 100 m, distantes de 2 m l'une de l'autre. Au bout des lignes, la séquence des espèces se poursuivait sur la ligne adjacente et se répétait dix fois pour atteindre un total de 2 400 plants pour cette expérience. Compte tenu qu'une séquence complète des six espèces (total de 240 plants, donc de 480 m linéaires) empiétait sur plus d'une ligne, il en résultait un agencement des espèces qui se rapprochait d'une distribution aléatoire. Chaque groupe de 40 plants d'une même espèce a été divisé en quatre groupes de dix plants, auxquels a été attribuée, au hasard, l'une des quatre combinaisons de traitements suivants :

- sans scarifiage manuel et sans fertilisation (SM0F0);
- sans scarifiage manuel et avec fertilisation (SM0F1);
- avec scarifiage manuel et sans fertilisation (SM1F0);
- avec scarifiage manuel et avec fertilisation (SM1F1).

Le scarifiage manuel a été exécuté avant la plantation à l'aide d'un scarificateur *La Taupe*, qui est constitué d'une lame adaptée sur une débroussailleuse. L'opération a créé un microsite d'environ 40 cm de diamètre sur lequel le sol minéral fut exposé. Une fertilisation au pied des plants, de 100 g d'un engrais granulaire (8 % N total, 24 % P_2O_5, 12 % K_2O ce qui équivaut à 8, 10,4 et 10 g de N, P, K élémentaires, respectivement), a été faite au moment de la mise en terre.

Expérience B

La deuxième aire (latitude 49° 21' 17" N., longitude 68° 47' 53" O., superficie approximative de 0,5 ha) a subi un scarifiage mécanisé intense à l'aide d'un scarificateur à cônes de type *Wadell*. Le scarifiage a consisté en trois passages de scarificateur, les deux premiers orthogonaux et le troisième, oblique par rapport aux précédents. Le scarifiage a été exécuté quelques semaines avant la plantation, au printemps 1989. À l'instar de la première aire, des plants de six espèces de conifère ont été mis en terre et ce suivi ne concerne que l'épinette noire, le pin gris et le mélèze de Sibérie. Les espèces ont été mises en terre par groupe de 20 plants le long des sillons de scarifiage, selon une grille de plantation de 2 m x 2 m. Tout comme dans la première aire, la séquence des espèces s'est poursuivie sur le sillon adjacent et a été répétée dix fois, pour atteindre un total de 1 200 plants mis en terre dans cette expérience. Chaque groupe de 20 plants d'une même espèce a été divisé en deux groupes de dix plants, auxquels a été attribué, au hasard, l'un des deux traitements suivants :

- sans fertilisation (F0);
- avec fertilisation (F1).

La fertilisation a été appliquée selon les mêmes modalités que dans l'expérience A.

Mesure des plants

Au printemps 2004, soit quinze saisons de croissance après la mise en terre, nous avons mesuré la hauteur (au cm près) et le diamètre au niveau du sol (au dixième de mm près) des arbres toujours vivants dans les expériences A et B. À l'aide des inventaires initiaux, nous avons calculé le taux de mortalité après quinze ans de chaque unité expérimentale.

Analyses statistiques

Nous avons effectué des analyses distinctes de l'effet des traitements sur la hauteur, le diamètre et la survie des trois espèces (épinette noire, pin gris, mélèze de Sibérie) de chaque expérience. L'aire A fut considérée comme un plan d'expérience factorielle 2 x 2 entièrement aléatoire et l'aire B, comme un plan d'expérience entièrement aléatoire. Dans l'expérience A, les données de hauteur et de diamètre ont été transformées par le logarithme naturel avant les analyses, et ce, afin de respecter les hypothèses de normalité et d'homogénéité des résidus. Pour ces variables, nous présentons les données selon leurs unités d'origine, retransformées avec correction du biais (UNG et VEGIARD 1988), accompagnées d'intervalles de confiance à 95 %. Les analyses sur la hauteur et le diamètre ont été effectuées à l'aide de la procédure MIXED de SAS (v. 9.1). Afin de modéliser le caractère binomial de la mortalité, les analyses de cette variable se sont faites à l'aide de la procédure GLIMMIX en spécifiant un lien *logit*. Un seuil $\alpha = 0,05$ fut utilisé comme indice d'un effet significatif.

Tableau 1. Résultats des analyses de variance, dimensions et survie des plants, quinze saisons de croissance après leur mise en terre dans les expériences A et B

Source de variation	Épinette noire			Pin gris			Mélèze de Sibérie		
	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	Mortalité (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	Mortalité (%)	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)	Mortalité (%)
Expérience A									
Aire non scarifiée mécaniquement									
Scarifiage manuel (valeur de *p*)	*< 0,001*	*0,047*	*0,672*	*0,033*	*0,061*	*0,248*	*0,287*	*0,882*	*0,557*
SM0	-	6,9 [6,4; 7,5]	34	-	-	37	-	-	65
SM1	-	7,7 [7,1; 8,4]	32	-	-	32	-	-	67
Erreur-type	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Fertilisation (valeur de *p*)	*< 0,001*	*< 0,001*	*0,993*	*0,037*	*0,011*	*0,755*	*0,534*	*0,572*	*0,027*
F0	-	6,5 [6,0; 7,1]	33	-	-	35	-	-	71
F1	-	8,2 [7,5; 8,9]	34	-	-	33	-	-	61
Erreur-type	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Scarifiage manuel × Fertilisation (valeur de *p*)	*0,036*	*0,413*	*0,525*	*0,011*	*0,009*	*0,926*	*< 0,001*	*0,001*	*0,437*
SM0F0	38,5 [35,1; 42,2]a	-	-	104,7 [88,7; 123,7]a	14,7 [11,9; 18,2]a	-	80,2 [65,2; 98,6]bc	13,9 [11,0; 17,5]b	-
SM0F1	50,6 [46,3; 55,4]b	-	-	100,8 [85,7; 118,6]a	14,6 [11,8; 17,9]a	-	60,1 [50,3; 72,2]a	10,2 [8,3; 12,5]a	-
SM1F0	51,0 [46,7; 55,7]b	-	-	101,2 [86,4; 118,5]a	13,6 [11,1; 16,6]a	-	62,8 [50,1; 78,7]ab	9,7 [7,5; 12,5]a	-
SM1F1	55,4 [50,6; 60,7]b	-	-	147,2 [125,9; 172,1]b	23,2 [19,0; 28,3]b	-	95,0 [79,2; 114,0]c	15,0 [12,3; 18,4]b	-
Expérience B									
Aire scarifiée mécaniquement									
Fertilisation (valeur de *p*)	*0,003*	*< 0,001*	*0,836*	*0,697*	*0,199*	-	*0,008*	*0,002*	-
F0	213,6	40,8	13	404,0	89,0	0	359,8	70,6	0
F1	254,0	49,3	14	410,2	94,5	0	415,6	83,8	0
Erreur-type	9,5	1,7	3	11,2	3,0	-	14,7	3,0	-

Note : SM0 = sans scarifiage manuel; SM1 = avec scarifiage manuel; F0 = sans fertilisation; F1 = avec fertilisation. Dans l'expérience A, les analyses de la hauteur et du diamètre ont été effectuées sur les données transformées par le logarithme naturel. Pour ces cas, nous présentons les données retransformées avec correction pour le biais, accompagnées des intervalles de confiance à 95 % (entre crochets). Pour une variable donnée, une valeur de $p < 0,05$ reliée à un effet, indique qu'il y a au moins une différence significative entre les

Résultats et discussion

Dans l'expérience A (aire non scarifiée mécaniquement) le plan expérimental permet l'évaluation statistique des effets du scarifiage manuel, de la fertilisation et de leur interaction. Après quinze saisons de croissance, la hauteur de l'épinette noire, du pin gris et du mélèze de Sibérie varie significativement avec l'effet combiné du scarifiage manuel et de l'ajout d'engrais. Bien que chaque espèce réagisse d'une manière distincte aux différentes combinaisons de traitements (Tableau 1), les arbres les plus grands sont toujours situés dans la combinaison SM1F1. Pour l'épinette noire, toute combinaison de traitements (SM0F1, SM1F0, SM1F1) est statistiquement préférable à l'absence de traitement (SM0F0). Pour sa part, la hauteur du pin gris réagit seulement à la présence conjuguée des deux traitements (SM1F1). On constate, avec étonnement, que la hauteur du mélèze de Sibérie est statistiquement similaire dans les combinaisons SM0F0 et SM1F1; dans les deux cas, elle est supérieure à celle atteinte uniquement en présence de fertilisation (SM0F1). Alors que le scarifiage manuel et la fertilisation augmentent de façon significative le diamètre de l'épinette noire, et ce, d'une manière additive, les traitements interagissent et influencent le diamètre du pin gris et du mélèze de Sibérie. Pour ces espèces, la réaction en diamètre est similaire à celle en hauteur. Les traitements n'influencent pas la survie de l'épinette et du pin, laquelle avoisine 66 %. La fertilisation améliore légèrement la survie du mélèze, laquelle passe de 29 % en son absence, à 39 % en sa présence.

Bien que l'on observe certains effets significatifs du scarifiage manuel et de la fertilisation dans l'expérience A, les gains afférents demeurent marginaux d'un point de vue sylvicole. Par exemple, la préparation du microsite de plantation à l'aide du scarificateur *La Taupe*, conjuguée à l'ajout d'engrais au moment de la mise en terre, procurent un gain de croissance de 17 cm de hauteur en quinze ans pour l'épinette noire, si on la compare à l'absence de traitement. La taille des plants ainsi obtenue (55 cm) équivaut à peine à celle du couvert d'éricacées. Dans les meilleurs des cas, le mélèze et le pin (Figure 1) atteignent 1 et 1,5 m après quinze ans, respectivement, ce qui est également bien en deçà des courbes minimales de production des plantations au Québec (G. PRÉGENT, comm. pers.).

Figure 1. Plant de pin gris, quatorze ans après sa mise en terre dans l'expérience A (aire non scarifiée mécaniquement). Photo par J. Carignan.

Ces résultats sont typiques des plantations sur stations à éricacées effectuées sans préparation mécanique préalable. Dans de telles conditions, THIFFAULT *et al.* (2004a) rapportent des hauteurs ne dépassant guère 45 cm pour l'épinette noire et 1 m pour le pin gris après dix ans. À l'instar de cette première étude, l'essai actuel confirme que la création d'un microsite à l'aide d'un scarifiage manuel ne constitue pas une perturbation suffisante pour favoriser la croissance des plants sur les stations à éricacées pourvues d'humus épais. D'abord, la zone exempte de *Kalmia* créée par le scarificateur *La Taupe* n'est pas suffisamment grande pour limiter les interférences directes et indirectes de cette espèce sur les plants mis en terre. YAMASAKI *et al.* (1998) ont démontré que les plants d'épinette noire situés dans un rayon de moins de 1 m des tiges de *Kalmia* ont des concentrations foliaires de nutriments et des taux de mycorhization inférieurs à ceux des plants situés à plus de 1 m. Également, le *Kalmia* domine l'absorption des éléments minéraux en raison de son importante biomasse racinaire (THIFFAULT *et al.* 2004b); sa proximité lui permettrait, entre autres, d'absorber une partie des éléments ajoutés sous forme d'engrais, ce qui diminue d'autant l'efficacité du traitement. Finalement, l'humus forestier produit un effet isolant, ce qui maintient la température du sol minéral basse (ORLANDER *et al.* 1990, THIFFAULT et JOBIDON 2006). Des températures basses sont associées à de faibles croissances racinaires et à des taux de minéralisation peu élevés (KASPAR et BLAND 1992, LEIROS *et al.* 1999).

Les taux de mortalité de l'aire non scarifiée mécaniquement atteignent au moins 30 % pour les trois espèces; ils dépassent 60 % pour le mélèze de Sibérie. Au terme de cinq ans, les taux moyens de mortalité de cette aire étaient de 27, 16 et 38 % pour l'épinette noire, le pin gris et le mélèze de Sibérie, respectivement (calculés à partir de VEILLEUX et LEVESQUE 1995). Le rythme annuel de mortalité des trois espèces a donc été plus élevé pendant les cinq premières années que pendant les années suivantes. Pour ce qui est de l'épinette, un faible nombre de plants supplémentaires sont morts au cours des dix années qui ont suivies. En ce qui concerne le pin gris et le mélèze, presque autant de plants ont disparu pendant cette période de dix ans que pendant la période initiale de cinq ans.

Les taux de survie sont plus faibles que ceux mesurés dans les parcelles non scarifiées d'autres expériences effectuées sur des stations à éricacées de la même région (THIFFAULT *et al.* 2004a, THIFFAULT et JOBIDON 2006) et d'ailleurs (THIFFAULT *et al.* 2005). Le protocole utilisé ne permet pas d'identifier avec certitude les causes de mortalité. Des suivis nutritifs, physiologiques et phytopathologiques effectués au fil des ans auraient permis de préciser ces facteurs. L'aspect chlorotique de plusieurs plants laisse entendre des limitations nutritives importantes. Par ailleurs, nous avons noté la présence de rouilles des aiguilles sur nombre d'individus d'épinettes (*Chrysomyxa* sp., dont le thé du Labrador est un hôte alternant) et de pins (*Coleosporium* sp.) au moment de la mesure. Bien qu'elle affaiblisse les plants, cette infection n'est toutefois pas reconnue comme mortelle (SINCLAIR *et al.* 1987). Pour leur part, la présence du chancre sclérodérrien (*Gremmeniella abietina* [Lagerb.] Morelet) et de l'armillaire (*Armillaria* sp.) sont parmi les causes probables de la mortalité observée. La faible qualité initiale des semis utilisés pourrait également être en cause (VEILLEUX et LEVESQUE 1995).

Les résultats de cet essai appuient les appréhensions soulevées par THIFFAULT *et al.* (2004a) et THIFFAULT et JOBIDON (2006) à l'égard des activités de regarni de la régénération naturelle pratiquées sans préparation mécanique préalable du sol, particulièrement sur des stations envahies par les éricacées. Dans de telles conditions, les arbres mis en terre ne contribuent pas à la productivité forestière des stations traitées et le scarifiage manuel de rayon limité ne peut être reconnu comme une solution de rechange. Par ailleurs, le regarni des sentiers de débardage, où une perturbation importante de l'humus et de la végétation a eu lieu, pourrait pour sa part être efficace (GAUTHIER 2005).

En présence de scarifiage mécanisé (expérience B), l'épinette noire et le mélèze de Sibérie réagissent de façon significative à l'ajout d'engrais (Tableau 1). Les gains associés au traitement sont du même ordre; ils varient de 16 % pour la hauteur du mélèze (qui passe de 3,5 m à plus de 4 m) à 21 % pour le diamètre de l'épinette (qui passe de 4 à 5 cm). Le pin gris n'est pas influencé significativement par la fertilisation; il affiche une hauteur moyenne légèrement supérieure à 4 m (Figure 2). Le traitement n'a pas d'effet sur la survie des plants d'aucune des trois espèces. La mortalité est inférieure à 15 % pour l'épinette et équivalente à zéro pour le pin et le mélèze.

Figure 2. Plants de pin gris (au second plan), quatorze ans après leur mise en terre dans l'expérience B (aire scarifiée mécaniquement). Photo par J. Carignan.

Dans certaines conditions, l'ajout d'engrais permet d'atténuer les limitations nutritives typiques des stations à éricacées (TAYLOR et TABBUSH 1990, BENNETT *et al.* 2003). Lorsqu'elle est combinée au scarifiage mécanique du sol, la fertilisation au pied des arbres procure des gains significatifs de croissance sur les stations à *Kalmia* (THIFFAULT *et al.* 2005, THIFFAULT et JOBIDON 2006); les résultats de cet essai confirment ces observations à plus long terme. Bien que significatifs, les gains issus de la fertilisation demeurent néanmoins limités; ils ne sauraient, pour l'instant, justifier l'utilisation à grande échelle de ce traitement. La mise au point, dans les années récentes, d'engrais à libération lente, offre de nouvelles avenues. Le suivi à long terme d'expériences en cours (THIFFAULT *et al.* 2005, THIFAULT et JOBIDON 2006) permettra d'en mesurer formellement les effets, et ce, en tenant compte des interactions avec les pratiques en pépinière et l'intensité du scarifiage mécanisé. Par ailleurs, des travaux récents illustrent que les interférences nutritionnelles des éricacées ne peuvent être généralisées à tous les types de stations (LAVOIE *et al.* 2006a). Davantage de recherche est nécessaire afin de préciser les interactions entre les caractéristiques des stations et les effets de ces espèces sur la régénération des conifères.

Tout en considérant la différence d'âge, les dimensions atteintes par les plants dans l'aire scarifiée sont légèrement plus élevées que celles décrites par THIFFAULT *et al.* (2004a) au terme de dix saisons de croissance sur une autre station. Par exemple, la taille du pin gris (4 m à 15 ans) correspond à un indice de qualité de station (IQS) d'un peu moins de 7 m à 25 ans (G. PRÉGENT, comm. pers.), comparativement aux 4,21 m à 25 ans que permettent de calculer les résultats de l'autre étude (G. PRÉGENT, comm. pers., sur la base de THIFFAULT *et al.* 2004a). Malgré ces légères différences, possiblement liées à la fertilité intrinsèque des stations, nous constatons que la croissance des plants dans ces secteurs scarifiés rejoint tout juste celle des plus faibles courbes de rendement repertoriées pour ces espèces au Québec. Les secteurs d'études sont donc particulièrement pauvres.

Le plan d'expérience de cet essai n'autorise pas les comparaisons formelles entre l'aire scarifiée par voie mécanique et l'aire non scarifiée, ni entre les espèces. Les traitements de scarifiage (avec et sans) n'ont pas été répétés et ont été pratiqués dans deux aires distinctes. Compte tenu que les deux aires ont été choisies sur la base de leurs similarités en regard des caractéristiques du sol, de l'historique de perturbation et du couvert arbustif (VEILLEUX et LÉVESQUE 1995), les différences observées dans la réaction aux traitements peuvent cependant être considérées comme des indicateurs de tendances plus générales. Ces interprétations doivent toutefois être faites avec précaution; les différences entre les expériences A et B demeurent anecdotiques et n'autorisent pas l'inférence. En ce qui a trait aux espèces, leur répartition en alternance le long des lignes ou des sillons distants de 2 m ne garantit pas l'indépendance entre celles-ci, une condition préalable essentielle à la réalisation d'analyses de variances valides (STEEL *et al.* 1997). Ainsi, toute comparaison des dimensions atteintes par les différentes espèces est hasardeuse.

Les traitements mis à l'essai dans l'expérience A ne permettent pas de convertir la lande à éricacées en plantation productive. Sans égard à l'espèce mise en terre, l'aire non scarifiée mécaniquement (Figure 3) conserve les attributs physionomiques d'une station dont les plantes éricacées ont freiné le processus de succession (MALLIK 2003), soit l'évolution naturelle vers une pessière à mousses à maturité de structure équienne (THIFFAULT et GRONDIN 2003). Sans autre intervention, une telle stagnation peut perdurer plusieurs décennies (DAMMAN 1971). À l'inverse, les plants mis en terre dans le secteur scarifié ont largement dépassé le couvert d'éricacées (Figure 4). Ce changement de la dominance du couvert a le potentiel de réhabiliter la trajectoire successionnelle normale, notamment par son influence sur la qualité de la litière (BRADLEY *et al.* 1997, BLOOM et MALLIK 2004). À plus long terme, l'ombrage créé à la suite de la fermeture du couvert de conifères peut également réduire le recouvrement en éricacées (TITUS *et al.* 1995).

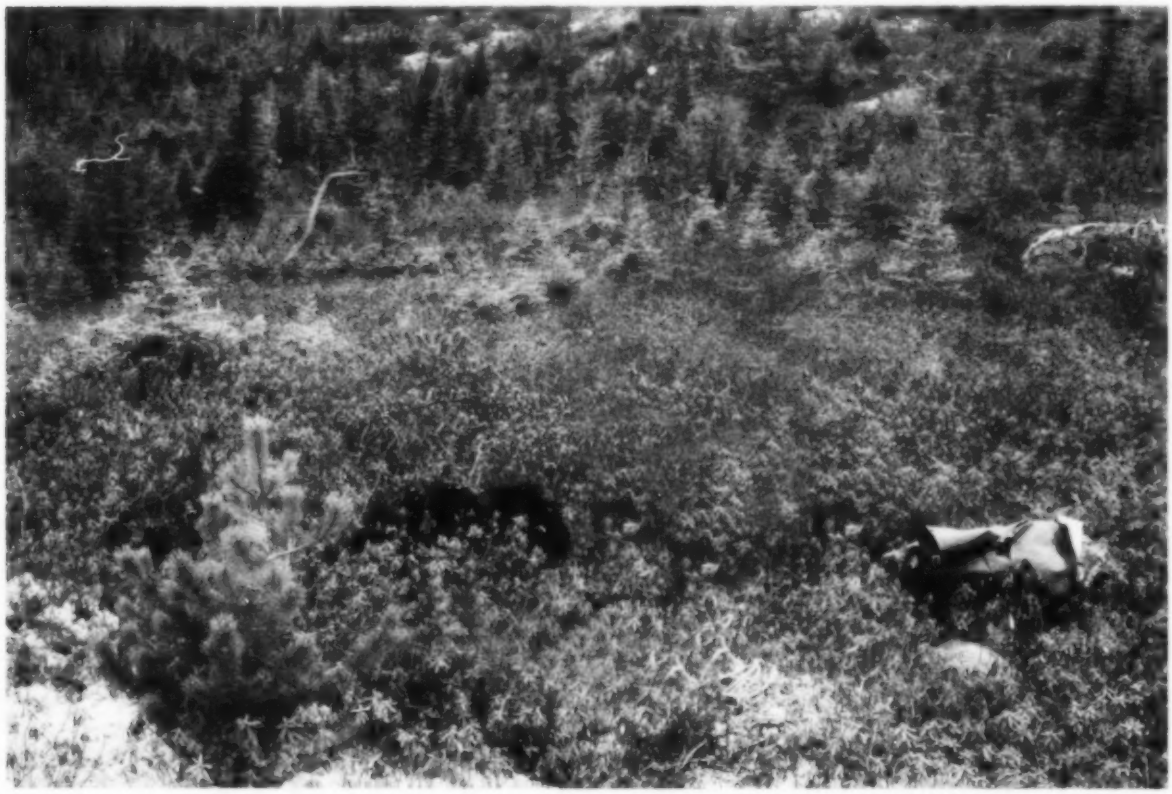

Figure 3. Vue générale de l'aire d'expérience A (aire non scarifiée mécaniquement. Photo par J. Carignan.

Figure 4. Vue générale (à gauche) de l'aire d'expérience B (aire scarifiée mécaniquement). Photo par J. Carignan.

Remerciements

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'une ou l'autre des étapes de ce projet, depuis son établissement jusqu'au dernier mesurage. Je remercie particulièrement le personnel régional du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) sur la Côte-Nord, notamment MM. Jacques Duval, André Ruelland et Yvon Rioux, ainsi que MM. Hervé Lortie, Yvon Lévesque, Jacques Carignan et Frédéric Daigle (étudiant) de la Direction de la recherche forestière (MRNF). Monsieur Jean-Marc Veilleux, chercheur retraité du MRNF, a planifié et supervisé l'établissement de cet essai sylvicole; je lui en suis sincèrement reconnaissant. Les commentaires constructifs de Mme Denise Dubeau (MRNF) ont permis d'améliorer une première version de ce texte. J'exprime ma gratitude à deux réviseurs anonymes pour leurs commentaires éclairés, ainsi qu'à M. Pierre Bélanger et Mme Sylvie Bourassa, qui ont respectivement coordonné l'édition et effectué la mise en page du document. Je souligne également l'apport de Mme Évelyne Gaillard, de la Direction de la recherche forestière, dans la révision du texte et le diagnostic de certaines des maladies présentes sur les arbres en 2004-2005.

Références bibliographiques

BENNETT, J.N., L.L. BLEVINS, J.E. BARKER, D.P. BLEVINS et C.E. PRESCOTT, 2003. *Increases in tree growth and nutrient supply still apparent 10 to 13 years following fertilization and vegetation control of salal-dominated cedar-hemlock stands on Vancouver Island*. Can. J. For. Res. 33 : 1516-1524.

BLEVINS, L.L. et C. PRESCOTT, 2002. *Salal cedar hemlock integrated research program. Research Update #2: Silvicultural practices for regeneration of cedar-hemlock sites in coastal British Columbia.* University of British Columbia, Vancouver, BC, 65 p.

BLOOM, R.G. et A.U. MALLIK, 2004. *Indirect effects of black spruce* Picea mariana *cover on community structure and function in sheep laurel* (Kalmia angustifolia) *dominated heath of eastern Canada*. Plant Soil 265 : 279-293.

BRADLEY, R.L., B.D. TITUS et J.W. FYLES, 1997. *Nitrogen acquisition and competitive ability of* Kalmia angustifolia *L., paper birch* (Betula papyrifera *Marsh.) and black spruce* (Picea mariana *(Mill.) B.S.P.) seedlings grown on different humus forms*. Plant Soil 195 : 209-220.

BRADLEY, R.L., B.D. TITUS et C.P. PRESTON, 2000. *Change to mineral N cycling and microbial communities in black spruce humus after additions of* $(NH_4)_2SO_4$ *and condensed tannins extracted from* Kalmia angustifolia *and balsam fir*. Soil Biol. Biochem. 32 : 1227-1240.

DAMMAN, A.W.H., 1971. *Effect of vegetation changes on the fertility of a Newfounland forest site*. Ecol. Monogr. 41 : 253-270.

DE MONTIGNY, L.M. et G.F. WEETMAN, 1990. *The effects of ericaceous plants on forest productivity*. Dans B.D. TITUS, M.B. LAVIGNE, P.F. NEWTON et W.J. MEADES, eds. The Silvics and Ecology of Boreal Spruces. 1989 IUFRO Working Party S1.05-12. Canadian Forest Service Information Report N-X-271. Newfoundland, 12-17 août. p. 83-90.

GAUTHIER, M.-M., 2005. *Régénération dans les sentiers de débardage en pessière noire irrégulière du Québec*. Université Laval. Mémoire M.Sc. 45 p.

KASPAR, T.C. et W.L. BLAND, 1992. *Soil temperature and root growth*. Soil Science 154 : 290-299.

LAVOIE, M., D. PARÉ et Y. BERGERON, 2006a. *Unusual effect of controlling aboveground competition by* Ledum groenlandicum *on black spruce* (Picea mariana) *in boreal forested peatland*. Can. J. For. Res. 36 : 2058-2062.

LAVOIE, M., D. PARE et Y. BERGERON, 2006b. *Relationship between micro-site type and the growth and nutrition of young black spruce on post-disturbed lowland black spruce sites in eastern Canada*. Can. J. For. Res. 36 (Sous presse).

LEIROS, M.C., C. TRASAR-CEPEDA, S. SEOANE et F. GIL-SOTRES, 1999. *Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture*. Soil Biol. Biochem. 31 : 327-335.

MALLIK, A.U., 1987. *Allelopathic potential of* Kalmia angustifolia *to black spruce* (Picea mariana). For. Ecol. Manage. 20 : 43-51.

MALLIK, A.U., 2003. *Conifer regeneration problems in boreal and temperate forests with ericaceous understory: Role of disturbance, seedbed limitation, and keystone species change*. Crit. Rev. Plant Sci. 22 : 341-366.

NILSSON, M.-C. et D.A. WARDLE, 2005. *Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest*. Front. Ecol. Environ. 3 : 421-428.

ÖRLANDER, G., P. GEMMEL et J. HUNT, 1990. *Site Preparation: A Swedish Overview*. British Columbia Ministry of Forests, FRDA Report No. 105. 61 p.

RICHARDSON, J., 1979. *A comparison of methods of reforesting sites invaded by* Kalmia angustifolia, *using black spruce*. Newfoundland Forest Research Center, Information Report No. N-X-174. 26 p.

ROBITAILLE, A. et J.-P. SAUCIER, 1998. *Paysages régionaux du Québec méridional*. Gouvernement du Québec, Québec, QC. 213 p.

SAUCIER, J.P., J.F. BERGERON, P. Grondin et A. ROBITAILLE, 1998. *Les régions écologiques du Québec méridional (3e version)*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles. Supplément de l'Aubelle n° 124. 12 p.

SINCLAIR, W.A., H.H. LYON et W.T. JOHNSON, 1987. *Diseases of Trees and Shrubs*. Cornell University Press, Ithaca, NY. 574 p.

SOIL CLASSIFICATION WORKING GROUP, 1998. *The Canadian System of Soil Classification. 3rd ed.* Agriculture and Agri-Food Canada, Publication No. 1646. 187 p.

STEEL, R.G.D., J.H. TORRIE et D.A. DICKEY, 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Boston, MA. 666 p.

TAYLOR, C.M.A. et P.M. TABBUSH, 1990. *Nitrogen deficiency in Sitka spruce plantations*. For. Comm. (UK) Bull. 89 : 20.

THIFFAULT, N., G. CYR, G. PREGENT, R. JOBIDON et L. CHARETTE, 2004a. *Régénération artificielle des pessières noires à éricacées : effets du scarifiage, de la fertilisation et du type de plants après 10 ans*. For. Chron. 80 : 141-149.

THIFFAULT, N. et P. GRONDIN, 2003. *Envahissement des parterres de coupe par les éricacées*. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier. Rapport interne n° 477. p. 103-130.

THIFFAULT, N. et R. JOBIDON, 2006. *How to shift unproductive* Kalmia angustifolia-Rhododendron groenlandicum *heath to productive conifer plantation*. Can. J. For. Res.

THIFFAULT, N., B.D. TITUS et A.D. MUNSON, 2004b. *Black spruce seedlings in a* Kalmia-Vaccinium *association: microsite manipulation to explore interactions in the field.* Can. J. For. Res. 34 : 1657-1668.

THIFFAULT, N., B.D. TITUS et A.D. MUNSON, 2005. *Silvicultural options to promote seedling establishment on* Kalmia-Vaccinium-*dominated sites*. Scand. J. For. Res. 20 : 110-121.

TITUS, B.D., S.S. SIDHU et A.U. MALLIK, 1995. *A summary of some studies on* Kalmia angustifolia *L.: a problem species in Newfoundland forestry.* Canadian Forest Service, Information Report No. N-X-296. 68 p.

UNG, C.-H. et S. VÉGIARD, 1988. *Problèmes d'inférence statistique reliés à la transformation logarithmique en régression*. Can. J. For. Res. 18 : 733-738.

VEILLEUX, J.M. et Y. LÉVESQUE, 1995. *Régénération artificielle de la pessière noire sur sols minces. Résultats quinquennaux préliminaires à la suite des plantations de 1989*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Rapport interne n° 399. 33 p.

YAMASAKI, S.H., J.W. FYLES, K.N. EGGER et B.D. TITUS, 1998. *The effect of* Kalmia angustifolia *on the growth, nutrition, and ectomycorrhizal symbiont community of black spruce*. For. Ecol. Manage. 105 : 197 -207.

YAMASAKI, S.H., J.W. FYLES et B.D. TITUS, 2002. *Interactions among* Kalmia angustifolia, *soil characteristics, and the growth and nutrition of black spruce seedlings in two boreal Newfoundland plantations of contrasting fertility.* Can. J. For. Res. 32 : 2215-2224.

Le mandat de la Direction de la recherche forestière (DRF) au sein du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) est de participer activement à l'amélioration de la pratique forestière au Québec. La concrétisation de ce mandat passe par la réalisation de travaux, principalement à long terme et d'envergure provinciale, lesquels intègrent à la fois des préoccupations de recherche fondamentale et de recherche appliquée.

Elle subventionne aussi des recherches universitaires à court ou à moyen terme. Ces recherches, importantes pour le Ministère, sont complémentaires aux travaux de la DRF ou réalisées dans des créneaux où elle ne peut s'impliquer.

Elle contribue à la diffusion de nouvelles connaissances, d'avis et de conseils scientifiques.

2006-3016
ISBN 2-550-48415-0
ISBN (pdf) 2-550-48416-9
Dépôt légal 2006
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 2006 Gouvernement du Québec

Ressources naturelles et Faune
Québec